



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2002303177 A**

(43) Date of publication of application: 18.10.02

(51) Int. CI

F02D 41/04

F02D 9/02

F02D 11/10

F02D 13/02

F02D 41/02

F02D 41/08

F02D 43/00

F02D 45/00

(21) Application number: 2001105340

(22) Date of filing: 04.04.01

(71) Applicant: **DENSO CORP**

(72) Inventor: MATSUMOTO HIRAKI
MABUCHI MAMORU

**(54) ELECTRONIC THROTTLE CONTROL DEVICE
FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

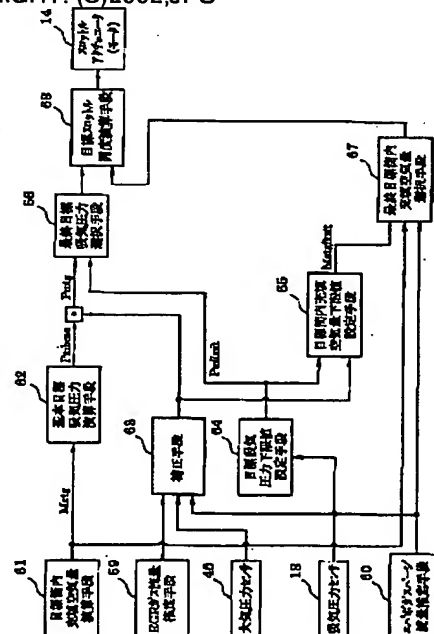
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To precisely control a throttle.

SOLUTION: A target cylinder filled air amount computing means 61 computes a target cylinder filled air amount in accordance with required torque as illustrated and basic target intake pressure computing means 62 computes a basic target intake pressure in accordance with the target cylinder filled air amount and an engine speed. Correcting means 63 corrects the basic target intake pressure depending on predetermined parameters as variation factors of an intake pressure to find a target intake pressure and target throttle opening computing means 68 computes a target throttle opening in accordance with the target intake pressure and the target cylinder filled air amount and controls a throttle actuator 14 in accordance with the target throttle opening. When the intake pressure detected by an intake pressure sensor 18 is a preset lower limit value or lower for the target intake pressure, the target intake pressure is set to be the lower limit value for the target intake pressure and the target cylinder filled air amount is set to be a lower limit

value for the target cylinder filled air amount corresponding to the lower limit value for the target intake pressure.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-303177

(P2002-303177A)

(43) 公開日 平成14年10月18日 (2002. 10. 18)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
F 0 2 D 41/04	3 1 0	F 0 2 D 41/04	3 1 0 J 3 G 0 6 5
	3 2 0		3 2 0 3 G 0 8 4
9/02	3 5 1	9/02	3 5 1 M 3 G 0 9 2
11/10		11/10	F 3 G 3 0 1
13/02		13/02	J

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-105340 (P2001-105340)

(22) 出願日 平成13年4月4日 (2001. 4. 4)

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 松本 平樹

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(72) 発明者 馬淵 衛

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(74) 代理人 100098420

弁理士 加古 宗男

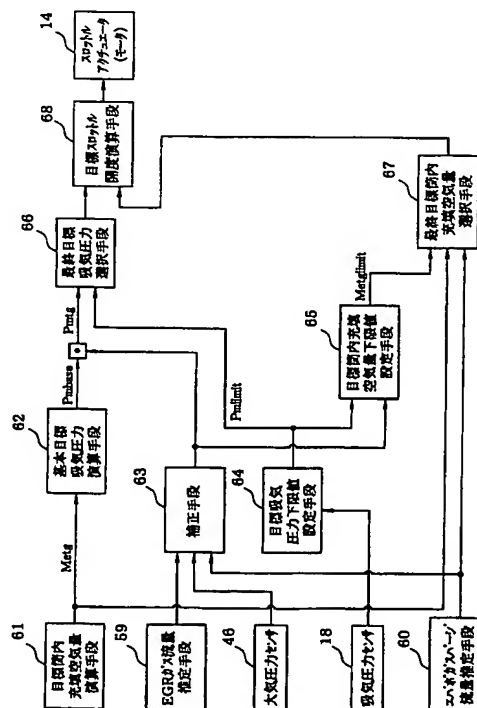
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の電子スロットル制御装置

(57) 【要約】

【課題】 精密なスロットル制御を行うことができるようにする。

【解決手段】 目標筒内充填空気量演算手段61は、要求図示トルク等に基づいて目標筒内充填空気量を演算し、基本目標吸気圧力演算手段62は、この目標筒内充填空気量とエンジン回転速度に基づいて基本目標吸気圧力を演算する。補正手段63は、基本目標吸気圧力を吸気圧力の変動要因となる所定のパラメータに応じて補正して目標吸気圧力を求め、目標スロットル開度演算手段68は、この目標吸気圧力と目標筒内充填空気量とに基づいて目標スロットル開度を演算し、この目標スロットル開度に基づいてスロットルアクチュエータ14を制御する。吸気圧力センサ18で検出した吸気圧力が所定の目標吸気圧力下限値以下になった時に目標吸気圧力を目標吸気圧力下限値に設定し、且つ、目標筒内充填空気量を目標吸気圧力下限値に対応する目標筒内充填空気量下限値に設定する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 スロットルバルブを駆動するスロットルアクチュエータを備え、運転者が操作したアクセル開度等に基づいて内燃機関の燃焼によって発生すべき要求図示トルクを演算し、この要求図示トルク等に基づいて目標スロットル開度を演算し、この目標スロットル開度に基づいて前記スロットルアクチュエータを制御する内燃機関の電子スロットル制御装置において、

前記要求図示トルク等に基づいて目標筒内充填空気量を演算する目標筒内充填空気量演算手段と、
前記目標筒内充填空気量と機関回転速度とに基づいて基本目標吸気圧力を演算する基本目標吸気圧力演算手段と、

前記基本目標吸気圧力を吸気圧力の変動要因となる所定のパラメータに応じて補正して目標吸気圧力を求める目標吸気圧力補正手段と、

前記目標吸気圧力と前記目標筒内充填空気量とに基づいて目標スロットル開度を演算する目標スロットル開度演算手段とを備えていることを特徴とする内燃機関の電子スロットル制御装置。

【請求項 2】 前記目標筒内充填空気量演算手段で演算した目標筒内充填空気量を筒内充填空気量の変動要因となる所定のパラメータに応じて補正する目標筒内充填空気量補正手段を備え、

前記目標スロットル開度演算手段は、前記目標筒内充填空気量補正手段により補正した目標筒内充填空気量と前記目標吸気圧力とに基づいて目標スロットル開度を演算することを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の電子スロットル制御装置。

【請求項 3】 前記目標吸気圧力補正手段は、前記吸気圧力の変動要因となる所定のパラメータとして少なくとも排出ガス環流量及び／又はエバポガスパーズ流量を用いて前記基本目標吸気圧力を補正し、

前記目標筒内充填空気量補正手段は、前記筒内充填空気量の変動要因となる所定のパラメータとして少なくともエバポガスパーズ流量を用いて前記目標筒内充填空気量を補正することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の内燃機関の電子スロットル制御装置。

【請求項 4】 吸気バルブ及び／又は排気バルブのバルブタイミングを可変する可変バルブタイミング機構を備え、

前記基本目標吸気圧力演算手段は、前記基本目標吸気圧力を演算する際に、前記目標筒内充填空気量と前記機関回転速度と前記バルブタイミングとに基づいて基本目標吸気圧力を演算することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の内燃機関の電子スロットル制御装置。

【請求項 5】 吸気圧力を検出する吸気圧力検出手段と、

前記吸気圧力検出手段で検出した吸気圧力が所定の目標吸気圧力下限値以下になったときに、前記目標吸気圧力

を前記目標吸気圧力下限値に設定し、且つ、前記目標筒内充填空気量を前記目標吸気圧力下限値に対応する目標筒内充填空気量下限値に設定する下限値設定手段とを備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の内燃機関の電子スロットル制御装置。

【請求項 6】 前記目標スロットル開度演算手段で用いる前記目標筒内充填空気量を、スロットル開度の変化が実際の筒内充填空気量の変化として現れるまでの遅れを考慮してその遅れ分だけ位相進み補償する位相進み補償手段を備えていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の内燃機関の電子スロットル制御装置。

【請求項 7】 前記基本目標吸気圧力演算手段は、アイドル時には、前記機関回転速度として目標アイドル回転速度を用いて基本目標吸気圧力を演算することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の内燃機関の電子スロットル制御装置。

【請求項 8】 前記目標スロットル開度演算手段は、スロットル開度の変化が実際の筒内充填空気量の変化として現れるまでの吸入空気量の挙動をモデル化した吸気系モデルの逆モデルを用いて目標スロットル開度を演算することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の内燃機関の電子スロットル制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、スロットルバルブの開度（スロットル開度）をスロットルアクチュエータ（モータ等）で制御するようにした内燃機関の電子スロットル制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来の電子制御化された自動車のエンジン制御においては、運転者のアクセル操作に即応した応答性の良いドライバビリティを実現するために、運転者が操作したアクセル開度、エンジン回転速度等から運転者の要求する加速力（要求軸トルク）を判断して、それに応じて筒内充填空気量（スロットル開度）、燃料噴射量、点火時期等を制御する、いわゆるトルクダイヤモンド制御を行うようにしたものがある。従来のトルクダイヤモンド制御システムは、運転者のアクセル操作量とエンジン回転速度に応じて要求軸トルクを演算し、この要求軸トルクにエンジンの損失トルクを加算して要求図示トルク（燃焼圧トルク）を求め、この要求図示トルクに応じて目標筒内充填空気量（目標吸入空気量）を演算して、この目標筒内充填空気量に応じて目標スロットル開度を演算するようにしていた。

【0003】 ここで、要求軸トルクは、クランク軸から取り出される正味トルクの要求値（目標値）であり、要求図示トルクは、エンジンの燃焼によって発生する燃焼圧トルクの要求値（目標値）であり、損失トルクは、エンジン内部の摩擦損失等と外部の補機類の負荷によって消費されるトルクである。これら各トルクには次のよう

な関係がある。

要求図示トルク＝要求軸トルク＋損失トルク

【0004】

【発明が解決しようとする課題】近年の自動車のエンジンは、燃費改善、高出力化、排気エミッション低減を目的として、可変バルブタイミングシステム、排出ガス環流システム、エバポガス（燃料蒸発ガス）パージシステム等を搭載したエンジンが多くなってきている。これらのシステムは、いずれも筒内充填空気量を変動させる要因となるため、上記従来のように、要求図示トルクに応じて設定した目標筒内充填空気量に基づいて目標スロットル開度を演算する構成では、可変バルブタイミング、排出ガス環流量（EGRガス流量）、エバポガスパージ量等の影響によって目標スロットル開度の演算精度が低下してしまい、精密なスロットル制御を行うことができないという欠点があった。

【0005】また、例えば、下り坂走行時や高速走行の減速時等では、エンジン回転速度が高回転域であっても要求軸トルクが小さくなる。要求軸トルクが小さくなると、スロットルバルブが閉じられて吸入空気量が絞られるため、高回転域で要求軸トルクが小さくなると、吸気圧力（吸気マニホールド圧力）が大きく低下する。それによって、吸気圧力が例えば20kPa程度まで低下することがあり、その結果、筒内のエンジンオイルが吸気マニホールド内に吸い上げられたり、筒内充填空気量が不足して燃焼状態が不安定になる等の不具合が発生する可能性がある。

【0006】本発明はこれらの事情を考慮してなされたものであり、第1の目的は、精密なスロットル制御を行うことができる内燃機関の電子スロットル制御装置を提供することであり、また、第2の目的は、吸気圧力の極端な低下によるエンジンオイルの吸い上げ等の不具合を未然に防止できる内燃機関の電子スロットル制御装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記第1の目的を達成するために、本発明の請求項1の内燃機関の電子スロットル制御装置によれば、目標筒内充填空気量演算手段は、要求図示トルク等に基づいて目標筒内充填空気量（目標吸入空気量）を演算し、基本目標吸気圧力演算手段は、この目標筒内充填空気量と機関回転速度とに基づいて基本目標吸気圧力を演算する。そして、目標吸気圧力補正手段は、基本目標吸気圧力を吸気圧力の変動要因となる所定のパラメータに応じて補正して目標吸気圧力を求め、目標スロットル開度演算手段は、この目標吸気圧力と前記目標筒内充填空気量とに基づいて目標スロットル開度を演算し、この目標スロットル開度に基づいてスロットルアクチュエータを制御する。

【0008】この構成では、目標吸気圧力と目標筒内充填空気量とに基づいて目標スロットル開度を演算するた

め、従来のように目標筒内充填空気量のみから目標スロットル開度を演算する場合と比較して目標スロットル開度の演算精度を向上することができる。しかも、目標筒内充填空気量と機関回転速度とに基づいて演算した基本目標吸気圧力を、吸気圧力の変動要因となる所定のパラメータに応じて補正して目標吸気圧力を求めるようにしたので、当該パラメータによる影響を排除した目標スロットル開度を演算することができ、当該パラメータによって吸気圧力が変動する運転条件下でも、目標筒内充填空気量を満たす精密なスロットル制御が可能となる。

【0009】更に、請求項2のように、要求図示トルク等に基づいて演算した目標筒内充填空気量を筒内充填空気量の変動要因となる所定のパラメータに応じて目標筒内充填空気量補正手段により補正し、補正後の目標筒内充填空気量と目標吸気圧力とに基づいて目標スロットル開度を演算するようにしても良い。このようにすれば、目標筒内充填空気量についても、目標吸気圧力と同じく、変動要因となる所定のパラメータに応じて補正することができ、筒内充填空気量の制御精度を更に向上することができる。

【0010】この場合、吸気圧力や筒内充填空気量の変動要因となるパラメータとしては、例えば、排出ガス環流量（EGRガス流量）、エバポガスパージ流量、大気圧等がある。EGRガスやエバポガスは、スロットルバルブの下流側の吸気マニホールドに導入されるため、EGRガス流量やエバポガスパージ流量はスロットルバルブを通過しない外乱的な空気量であるが、EGRガスは、燃焼後の不活性ガス成分が大半であるため、EGRガス流量によるトルクへの影響は無視しても差し支えない程度である。従って、EGRガス流量は、吸気圧力のみの変動要因として考慮しても差し支えない。一方、エバポガスは、燃料タンクから蒸発するHC成分を吸着するキャニスタから吸気マニホールドに導入されるHC濃度の高い新気（燃焼前の空気）であり、スロットルバルブの上流側に設置された吸入空気量センサ（エアフローセンサ）では検出されない吸入新気となる。従って、エバポガスパージ流量は、吸気圧力と筒内充填空気量の両方の変動要因として考慮することが望ましい。

【0011】そこで、請求項3のように、吸気圧力の変動要因となる所定のパラメータとして少なくともEGRガス流量及び／又はエバポガスパージ流量を用いて基本目標吸気圧力を補正し、筒内充填空気量の変動要因となる所定のパラメータとして少なくともエバポガスパージ流量を用いて目標筒内充填空気量を補正するようにすると良い。このようにすれば、吸気圧力と筒内充填空気量に対する様々な変動要因の中から主要な変動要因を取り出して基本目標吸気圧力と目標筒内充填空気量を精度良く補正することができる。

【0012】ところで、吸気バルブ及び／又は排気バルブのバルブタイミングを可変する可変バルブタイミング

機構を備えた内燃機関においては、バルブタイミングによって吸気圧力が変化するため、基本目標吸気圧力の演算後に基本目標吸気圧力をバルブタイミングによって補正するようにしても良いが、吸気圧力に及ぼすバルブタイミングの影響は、機関回転速度や筒内充填空気量によって変化するため、基本目標吸気圧力をバルブタイミングによって補正する場合は、バルブタイミングと機関回転速度、筒内充填空気量の関係も考慮することが望ましい。

【0013】前述したように、本発明では、機関回転速度や筒内充填空気量は、基本目標吸気圧力を演算する際に用いるため、請求項4のように、基本目標吸気圧力を演算する際に、目標筒内充填空気量と機関回転速度とバルブタイミングとに基づいて基本目標吸気圧力を演算するようにすると良い。このようにすれば、バルブタイミングの影響を織り込んだ基本目標吸気圧力を求めることができ、バルブタイミングの影響を排除できると共に、バルブタイミングの影響を目標吸気圧力に織り込むための演算処理も容易となる。

【0014】また、前述した第2の目的を達成するために、吸気圧力検出手段で検出した吸気圧力（吸気マニホールド圧力）が所定の目標吸気圧力下限値以下になったときに、下限値設定手段によって、目標吸気圧力を目標吸気圧力下限値に設定し、且つ、目標筒内充填空気量を目標吸気圧力下限値に対応する目標筒内充填空気量下限値に設定するようにすると良い。このようにすれば、例えば、下り坂走行時や高速走行の減速時等のように、エンジン高回転時に要求図示トルクが小さくなるような運転条件下でも、吸気圧力の極端な低下を回避することができ、筒内のエンジンオイルが吸気マニホールド内に吸い上げられたり、筒内充填空気量が不足して燃焼状態が不安定になる等の不具合を未然に防止できる。

【0015】また、目標吸気圧力と目標筒内充填空気量とに基づいて目標スロットル開度を演算する際に、請求項6のように、スロットル開度の変化（スロットル通過空気量の変化）が実際の筒内充填空気量の変化として現れるまでの遅れを考慮して、その遅れ分だけ目標筒内充填空気量を位相進み補償手段により位相進み補償するようにすると良い。このようにすれば、吸気系の遅れ要素の影響を排除して筒内充填空気量の制御精度を向上することができる。

【0016】また、請求項7のように、アイドル時には、機関回転速度として目標アイドル回転速度を用いて基本目標吸気圧力を演算するようにしても良い。このようにすれば、アイドル時に、機関回転速度を目標アイドル回転速度に収束させるように基本目標吸気圧力が設定されるため、アイドル回転安定性を向上することができる。

【0017】また、請求項8のように、スロットル開度の変化が実際の筒内充填空気量の変化として現れるまで

の吸入空気の挙動をモデル化した吸気系モデルの逆モデルを用いて目標スロットル開度を演算するようにしても良い。つまり、吸気系モデルの逆モデルは、目標吸気圧力と目標筒内充填空気量を入力とし、スロットル開度を出力とするモデルとなるため、吸気系モデルの逆モデルを用いることで、目標吸気圧力と目標筒内充填空気量とに基づいて精密な筒内充填空気量の制御を実現することができる。

【0018】

10 【発明の実施の形態】以下、本発明を筒内噴射式エンジンに適用した一実施形態を図面に基づいて説明する。

【0019】まず、図1に基づいてエンジン制御システム全体の概略構成を説明する。筒内噴射式内燃機関である筒内噴射式エンジン11の吸気管12の最上流部には、エアクリーナ（図示せず）が設けられ、このエアクリーナの下流側には、吸入空気量を検出するエアフローメータ13が設けられている。このエアフローメータ13の下流側には、DCモータ等のモータ14によって開度調節されるスロットルバルブ15が設けられている。このモータ14がエンジン電子制御回路（以下「ECU」と表記する）16からの出力信号に基づいて駆動されることで、スロットルバルブ15の開度（スロットル開度）が制御され、そのスロットル開度によって各気筒への吸入空気量が調節される。

【0020】このスロットルバルブ15の下流側にはサージタンク17が設けられ、このサージタンク17に、吸気圧力を検出する吸気圧力センサ18（吸気圧力検出手段）が取り付けられている。サージタンク17には、エンジン11の各気筒に空気を導入する吸気マニホールド19が接続され、各気筒の吸気マニホールド19内には、エンジン11の筒内のスワール流を制御するためのスワールコントロールバルブ20が設けられている。エンジン11のシリンダヘッドには、各気筒毎に点火プラグ25が取り付けられ、各点火プラグ25の火花放電によって筒内の混合気点火される。

【0021】エンジン11の各気筒の上部には、燃料を筒内に直接噴射する燃料噴射弁21が取り付けられ、燃料タンク22内の燃料が燃料ポンプ23によって高圧に加圧されて各気筒の燃料噴射弁21に供給され、その燃料の圧力（燃圧）が燃圧センサ24によって検出される。また、燃料タンク22内で発生したエバポガス（燃料蒸発ガス）は、エバポ配管42を通してキャニスタ43内に吸着される。このキャニスタ43は、バージ制御弁44を有するバージ配管45によって吸気管12のサージタンク17に接続され、エンジン運転状態に応じてバージ制御弁43の開度を制御することで、キャニスタ43からサージタンク17内にバージするエバポガスの流量（エバポガスバージ流量）が制御される。

【0022】エンジン11の吸気バルブ26と排気バルブ27は、それぞれカム軸28、29によって駆動さ

れ、吸気側のカム軸 28 には、エンジン運転状態に応じて吸気バルブ 26 の開閉タイミングを可変する油圧駆動式の可変バルブタイミング機構 30 (VVT) が設けられている。この可変バルブタイミング機構 30 を駆動する油圧は、油圧制御弁 31 によって制御される。エンジン 11 の各気筒のピストン 32 の往復運動によってクランク軸 33 が回転駆動され、このクランク軸 33 の回転トルクによって補機類 34 (エアコンのコンプレッサ、オルタネータ、トルクコンバータ、パワーステアリングのポンプ等) と車両駆動系が駆動される。エンジン 11 のシリンダブロックには、冷却水温を検出する水温センサ 35 が取り付けられている。

【0023】一方、エンジン 11 の排気管 36 には、排ガスを浄化する三元触媒等の触媒 37 が設けられ、この触媒 37 の上流側に排ガスの空燃比 (又はリッチ/リーン) を検出する空燃比センサ 38 (又は酸素センサ) が設けられている。排気管 36 のうちの空燃比センサ 38 の上流側とサージタンク 17 との間には、排出ガスの一部を吸気側に環流させるための EGR 配管 39 が接続され、この EGR 配管 39 の途中に EGR バルブ 40 が設けられている。エンジン運転中は、エンジン運転状態に応じて EGR バルブ 40 の開度を制御することで、排出ガス環流量 (EGR ガス流量) が制御される。

【0024】エンジン運転状態を制御する ECU 16 は、マイクロコンピュータを主体として構成され、その ROM (記憶媒体) に記憶されたトルクダイヤモンド制御プログラムを実行することで、図 2 に示す要求図示トルク演算手段 51、燃焼モード切換手段 52、均質燃焼モード制御手段 53、成層燃焼モード制御手段 54 の各機能を実現する。以下、これら各機能について具体的に説明する。

【0025】要求図示トルク演算手段 51 は、アクセルペダルの開度 (アクセル開度) を検出するアクセルセンサ 41 の出力等に基づいて要求図示トルクを算出する。ここで、要求図示トルクは、図示トルクの要求値 (目標値) であり、図示トルクは、エンジン 11 の燃焼によって発生するトルク、つまりエンジン 11 の内部損失トルクや外部負荷トルク (補機類 34 の負荷) を含めたトルクである。従って、図示トルクから内部損失トルクや外部負荷トルクを差し引いたトルクは、クランク軸 33 から取り出される軸トルク (正味トルク) となり、この軸トルクによって車両駆動系が駆動される。

【0026】要求図示トルク演算手段 51 は、アクセルセンサ 41 の出力 (アクセル開度)、エンジン回転速度 N_e 、車速等に基づいて要求軸トルクを算出し、この要求軸トルクに後述する各種の損失トルクを加算し、更に、このトルクからアイドルスピードコントロール (ISC 制御) によるトルク増減分を補正して要求図示トルクを求める。ここで、要求軸トルクに加算する内部損失トルクは、機械摩擦損失とポンピング損失であり、機械

摩擦損失は、エンジン回転速度 N_e と冷却水温 T_{HW} とに基づいてマップ又は数式によって算出され、ポンピング損失は、エンジン回転速度 N_e と吸気圧 P_m とに基づいてマップ又は数式によって算出される。また、要求軸トルクに加算する外部負荷トルクは、エンジン 11 の動力で駆動される補機類 34 (エアコンのコンプレッサ、オルタネータ、パワーステアリングのポンプ等) の負荷トルクであり、エアコン信号、オルタネータの負荷電流等に応じて設定される。ISC 制御による補正トルク (トルク増減分) は、目標アイドル回転速度 $N_{e\text{target}}$ と現在のエンジン回転速度 N_e とに基づいてマップ又は数式によって算出される。

【0027】尚、要求図示トルクを演算する際に、図 2 に示された内部損失や外部負荷以外の損失・負荷を追加したり、反対に、図 2 に示された内部損失や外部負荷から一部の損失・負荷を無視して演算を簡略化するようにしても良い。

【0028】一方、燃焼モード切換手段 52 は、エンジン回転速度 N_e と要求図示トルクに応じてマップ等から均質燃焼モード制御手段 53 と成層燃焼モード制御手段 54 のいずれか一方を選択して燃焼モードを切り換える。例えば、低回転領域、低トルク領域では、成層燃焼モード制御手段 54 が選択され、成層燃焼モードで運転される。この成層燃焼モード運転時には、少量の燃料を圧縮行程で筒内に直接噴射して成層混合気を形成して成層燃焼させることで、燃費を向上させる。また、中・高回転領域、中・高トルク領域では、均質燃焼モード制御手段 53 が選択され、均質燃焼モードで運転される。この均質燃焼モード運転時には、燃料噴射量を増量して吸気行程で筒内に直接噴射して均質混合気を形成して均質燃焼させることで、エンジン出力や軸トルクを高める。

【0029】次に、図 3 (a) に基づいて、均質燃焼モード制御手段 53 の各機能を説明する。均質燃焼モード制御手段 53 は、要求図示トルクを目標空気量に変換してスロットル開度を設定する空気量優先方式のトルクダイヤモンド制御を行う。その際、点火時期や筒内の空燃比によって図示トルクが変動することを考慮して、要求図示トルクを点火時期効率 (SA 効率) と空燃比効率 (A/F 効率) とによって次式により補正する。

【0030】補正後の要求図示トルク = 要求図示トルク / (点火時期効率 × 空燃比効率)

ここで、点火時期効率は、点火遅角量に応じてマップ等により設定され、点火遅角量が 0 の時に図示トルクが最大になることから、点火遅角量が 0 の時に点火時期効率 = 1 に設定される。また、空燃比効率は、目標空燃比に応じてマップ等により設定される。

【0031】そして、補正後の要求図示トルクとエンジン回転速度 N_e に基づいてマップ等により目標筒内充填空気量を算出し、この目標筒内充填空気量とエンジン回転速度 N_e 、EGR ガス流量、VVT 進角値、エバポガ

スパージ流量等に基づいて、後述する目標スロットル開度演算モデルを用いて目標スロットル開度を算出する。そして、この目標スロットル開度に応じた制御信号を電子スロットルシステムのモータ 14 に出力し、スロットルバルブ 15 を駆動してスロットル開度を制御する。

【0032】また、均質燃焼モード制御手段 53 は、筒内充填空気量推定モデルを用いてエアフローメータ 13 の出力（スロットル通過空気量）、エンジン回転速度 N_e 、吸気圧力センサ 18 の出力（吸気圧力 P_m ）から推定筒内充填空気量を算出する。そして、この推定筒内充填空気量を目標空燃比で割り算して目標燃料量を算出し、この目標燃料量に各種の補正係数（冷却水温補正係数、空燃比フィードバック補正係数、学習補正係数等）を乗算して最終的な燃料噴射量を求め、この燃料噴射量に応じたパルス幅の噴射パルスを、各気筒の吸気行程で燃料噴射弁 21 に出力して燃料噴射を実行する。これにより、均質燃焼モード運転時には、吸気行程で燃料を筒内に直接噴射して均質混合気を形成して均質燃焼させる。

【0033】更に、均質燃焼モード制御手段 53 は、エンジン運転状態に応じて目標 EGR ガス流量をマップ等により算出し、その算出結果に応じて EGR バルブ 40 を駆動して EGR ガス流量を目標 EGR ガス流量に制御すると共に、運転状態に応じて目標 VVT 進角値をマップ等により算出し、その算出結果に応じて可変バルブタイミング機構 30 の油圧制御弁 31 を制御して VVT 進角値を目標 VVT 進角値に制御する。更に、エンジン運転状態に応じて各気筒の点火時期をマップ等により算出し、その点火時期に点火プラグ 25 に高電圧を印加して火花放電を発生させる。この点火時期から前述した点火時期効率が算出される。

【0034】次に、図 3 (b) に基づいて、成層燃焼モード制御手段 54 の各機能を説明する。成層燃焼モード制御手段 54 は、要求図示トルクを目標燃料量に変換し、この目標燃料量と目標空燃比とを乗算して目標筒内充填空気量を求めてスロットル開度を設定する燃料量優先方式のトルクディマンド制御を行う。その際、筒内の空燃比によって図示トルクが変動することを考慮して、要求図示トルクを空燃比効率で割り算して要求図示トルクを補正する。

補正後の要求図示トルク = 要求図示トルク / 空燃比効率
ここで、空燃比効率の算出方法は、均質燃焼モード制御手段 53 の場合と同じく、目標空燃比に応じて空燃比効率をマップ等により算出する。

【0035】そして、補正後の要求図示トルクとエンジン回転速度 N_e とに基づいてマップ等により目標燃料量を算出し、この目標燃料量に各種の補正係数（冷却水温補正係数、空燃比フィードバック補正係数、学習補正係数等）を乗算して最終的な燃料噴射量を求め、この燃料噴射量に応じたパルス幅の噴射パルスを、各気筒の圧縮

行程で燃料噴射弁 21 に出力して燃料噴射を実行する。これにより、成層燃焼モード運転時には、圧縮行程で燃料を筒内に直接噴射して成層混合気を形成して成層燃焼させる。

【0036】更に、成層燃焼モード制御手段 54 は、目標燃料量とエンジン回転速度 N_e に応じて点火時期をマップ等により算出し、その点火時期に点火プラグ 25 に高電圧を印加して火花放電を発生させる。

【0037】また、成層燃焼モード制御手段 54 は、目標燃料量に目標空燃比を乗算して目標筒内充填空気量を算出し、この目標筒内充填空気量、エンジン回転速度 N_e 、EGR ガス流量、VVT 進角値等に基づいて目標スロットル開度を算出し、この目標スロットル開度に応じた制御信号を電子スロットルシステムのモータ 14 に出力し、スロットルバルブ 15 を駆動してスロットル開度を制御する。そして、目標燃料量等に基づいて設定した目標 EGR ガス流量に応じて EGR バルブ 40 を駆動して EGR ガス流量を目標 EGR ガス流量に制御すると共に、目標燃料量等に基づいて設定した目標 VVT 進角値に応じて可変バルブタイミング機構 30 の油圧制御弁 31 を制御して VVT 進角値を目標 VVT 進角値に制御する。

【0038】次に、均質燃焼モード運転時に、目標筒内充填空気量等に基づいて目標スロットル開度を演算する目標スロットル開度演算モデルの構成を図 4 乃至図 11 に基づいて説明する。ここで、図 4 は、前述した均質燃焼モード制御手段 53 の機能のうち、スロットル制御に関する機能の概要を示した機能ブロック図、図 5 及び図 6 は、スロットル制御に関する機能の具体例を示した機能ブロック図、図 7 は基本目標吸気圧力演算手段 62 の機能を示した機能ブロック図である。

【0039】目標筒内充填空気量演算手段 61 は、図 2 の要求図示トルク演算手段 51 で演算した要求図示トルクとエンジン回転速度 N_e に基づいてマップ等により目標筒内充填空気量 $Metg$ を算出する。

【0040】基本目標吸気圧力演算手段 62 は、目標筒内充填空気量演算手段 61 で演算した目標筒内充填空気量 $Metg$ とエンジン回転速度 N_e と VVT 進角値とに基づいて基本目標吸気圧力 P_{mbase} を次のようにして算出する。予め、定常運転状態において、VVT の進角値毎にエンジン回転速度 N_e と目標筒内充填空気量 $Metg$ と吸気圧力 P_m との関係を測定して、図 7 に示すように、VVT の進角値毎にエンジン回転速度 N_e と目標筒内充填空気量 $Metg$ から基本目標吸気圧力 P_{mbase} を算出するマップを作成して、ECU 16 の ROM に記憶しておく。そして、基本目標吸気圧力 P_{mbase} を算出する際に、その時点の VVT 進角値に対応するマップを選択して、エンジン回転速度 N_e と目標筒内充填空気量 $Metg$ とから基本目標吸気圧力 P_{mbase} を算出する。

【0041】この際、現在の VVT 進角値が ROM に記

憶されたマップ群のVVT進角値と一致しない場合は、現在のVVT進角値に最も近い2つのマップを選択して線形補間により基本目標吸気圧力Pmbaseを算出する。図7に示すように、線形補間では、2つのマップから算出した2つの基本目標吸気圧力Pmbase間を直線で近似して、その直線から現在のVVT進角値に応じた基本目標吸気圧力Pmbaseを算出する。

【0042】また、本実施形態では、アイドル時には、実エンジン回転速度Neの代わりに目標アイドル回転速度Ntargetを用いて基本目標吸気圧力Pmbaseを算出する。このようにすれば、アイドル時に、エンジン回転速度Neを目標アイドル回転速度Ntargetに収束させるように基本目標吸気圧力Pmbaseが設定されるため、アイドル回転安定性を向上することができる。但し、本発明は、アイドル時にも、非アイドル時と同様に、実エンジン回転速度Neを用いて基本目標吸気圧力Pmbaseを算出しても良いことは言うまでもない。

【0043】一方、図4に示す補正手段63は、基本目標吸気圧力演算手段62で算出した基本目標吸気圧力Pmbaseを吸気圧力の変動要因となる所定のパラメータに応じて補正して目標吸気圧力Pmtgを求める目標吸気圧力補正手段として機能すると共に、目標筒内充填空気量Metgを筒内充填空気量の変動要因となる所定のパラメータに応じて補正する目標筒内充填空気量補正手段としても機能する。

【0044】本実施形態では、吸気圧力の変動要因となる所定のパラメータとして、EGRガス流量MEGR、エバポガスパーシ流量Mpurg、大気圧Poを考慮し、図5に示すように、EGR補正係数fEGR、エバポガスパー

$$Mestd = Mthstd = C \cdot A \cdot \frac{Postd}{R\sqrt{To}} \cdot \Phi(Pm/Postd) \quad \text{---- (1)}$$

Mestd : 低地での筒内充填空気量

Mthstd : 低地でのスロットル通過空気量

Postd : 低地での大気圧(標準大気圧)

C : 流量係数

A : スロットル開口有効断面積

R : 気体定数

To : 外気温度

【0049】ここで、 $\Phi(Pm/Postd)$ は、図8に示すような特性のマップ等により算出される。また、高地走行時の定常運転状態においては、次の関係が成立する。

*ジ補正係数fpurg、大気圧補正係数fPoを算出し、これらの補正係数によって基本目標吸気圧力Pmbaseを補正して目標吸気圧力Pmtgを求める。

【0045】この際、EGR補正係数fEGRを算出する場合は、まず、EGRガス流量推定手段59(図4参照)によってEGRバルブ40の開度EGRV、吸気圧力Pm、大気圧Po、外気温度To等に基づいてEGRガス流量MEGRを推定し、このEGRガス流量MEGRと目標筒内充填空気量Metgとを用いて、次式によりEGR補正係数fEGRを算出する。

$$fEGR = 1 + MEGR / Metg$$

【0046】また、エバポガスパーシ補正係数fpurgを算出する場合は、まず、エバポガスパーシ流量推定手段60(図4参照)によってパーシ率と吸気圧力Pmに基づいてエバポガスパーシ流量Mpurgを推定し、このエバポガスパーシ流量Mpurgと目標筒内充填空気量Metgを用いて、次式によりエバポガスパーシ補正係数fpurgを算出する。

$$fpurg = 1 + Mpurg / Metg$$

【0047】次に、大気圧補正係数fPoの算出方法を図8を用いて説明する。大気圧補正係数fPoは、高地走行時のように、大気圧Poが標準大気圧Postdよりも低下する環境下でも、低地走行(標準大気圧Postd)の条件下で測定したマップを用いて基準目標吸気圧力Pmbaseや目標筒内充填空気量Metgを演算できるようにするための補正係数である。低地走行時の定常運転状態においては、次の関係が成立する。

【0048】

【数1】

【0050】

【数2】

$$Mealt = Mthalt = C \cdot A \cdot \frac{Poalt}{R \sqrt{T_o}} \cdot \Phi (Pm/Poalt) \quad \text{---- (2)}$$

Mealt : 高地での筒内充填空気量

Mthalt : 高地でのスロットル通過空気量

Poalt : 高地での大気圧

$\Phi (Pm/Poalt)$: 吸気圧 Pm と大気圧 $Poalt$ との比で決まる圧力特性値

【0051】上記(1)、(2)式から次式が導き出される。
10 * 【数3】

$$Mealt = \frac{\Phi (Pm/Poalt)}{\Phi (Pm/Postd)} \cdot \frac{Poalt}{Postd} \cdot Mestd \quad \text{---- (3)}$$

【0052】上記(3)式は、同じ吸気圧力 Pm に対する低地の筒内充填空気量 $Mestd$ と高地の筒内充填空気量 $Mealt$ との関係を示している。この関係から、同じ吸気圧力 Pm に対する低地の目標筒内充填空気量 $Metgstd$ ※

※と、高地の目標筒内充填空気量 $Metgalt$ との関係が次のように求められる。

【0053】
【数4】

$$Metgalt = \frac{\Phi (Pm/Poalt)}{\Phi (Pm/Postd)} \cdot \frac{Poalt}{Postd} \cdot Metgstd$$

$$= fPo \cdot Metgstd \quad \text{---- (4)}$$

【0054】上記(4)式から、大気圧補正係数 fPo は次式で算出される。

【数5】

$$fPo = \frac{\Phi (Pm/Poalt)}{\Phi (Pm/Postd)} \cdot \frac{Poalt}{Postd} \quad \text{---- (5)}$$

【0055】ここで、大気圧センサ46で検出される大気圧 Po が高地での大気圧 $Poalt$ に相当するものと仮定すると、上記(6)式から次式が求められる。

【0056】

【数6】

$$fPo = \frac{\Phi (Pm/Po)}{\Phi (Pm/Postd)} \cdot \frac{Po}{Postd} \quad \text{---- (6)}$$

★

$$Pmtg = Pmbase \times fEGR \times fpurg \times fPo \quad \text{..... (7)}$$

【0059】尚、大気圧補正係数 fPo に関しては、基本目標吸気圧力 $Pmbase$ を算出する前に、目標筒内充填空気量 $Metg$ に大気圧補正係数 fPo を乗算して、目標筒内充填空気量 $Metg$ を大気圧補正係数 fPo で補正し、この補正後の目標筒内充填空気量 $Metg$ を用いて基本目標吸気圧力 $Pmbase$ を算出するようにしても良い。

【0060】一方、図4に示す目標吸気圧力下限値設定手段64と最終目標吸気圧力選択手段65は実吸気圧力 Pm が極端に低下するのを防止するガード手段であり、吸気圧力センサ18で検出した実吸気圧力 Pm が所定の目標吸気圧力下限値 $Pmlimit$ よりも高いときには、最終目標吸気圧力選択手段65は、上記(7)式で算出した目標吸気圧力 $Pmtg$ を最終的な目標吸気圧力 $Pmtg$ として選択する。

【0061】これに対し、吸気圧力センサ18で検出した実吸気圧力 Pm が所定の目標吸気圧力下限値 $Pmlimit$

★【0057】上記(6)式において、低地での大気圧(標準大気圧) $Postd$ は、一定値であるから、上記(6)式の変数は、吸気圧力 Pm と大気圧 Po のみとなり、これらは、吸気圧力センサ18と大気圧センサ46で検出した値を用いれば良い。

【0058】以上のようにして算出したEGR補正係数 $fEGR$ 、エバポガスパーズ補正係数 $fpurg$ 、大気圧補正係数 fPo を、基本目標吸気圧力 $Pmbase$ に乗算して目標吸気圧力 $Pmtg$ を求める。

30

以下になったときには、最終目標吸気圧力選択手段65は、目標吸気圧力下限値設定手段64で設定した目標吸気圧力下限値 $Pmlimit$ を最終的な目標吸気圧力 $Pmtg$ として選択する。この目標吸気圧力下限値 $Pmlimit$ は、吸気圧力 Pm の極端な低下によって引き起こされる筒内のエンジンオイルの吸い上げや空気量不足(燃焼状態の悪化)を防止できるように設定されている。

【0062】また、目標筒内充填空気量下限値設定手段65と最終目標筒内充填空気量選択手段67は、筒内充填空気量が極端に減少するのを防止するガード手段であり、吸気圧力センサ18で検出した実吸気圧力 Pm が所定の目標吸気圧力下限値 $Pmlimit$ 以下になったときに、最終目標筒内充填空気量選択手段67は、目標吸気圧力下限値 $Pmlimit$ に対応して目標筒内充填空気量下限値設定手段65で設定した目標筒内充填空気量下限値 $Metglimit$ をエバポガスパーズ流量 $Mpurg$ で補正した値を最終

40

50

的な目標筒内充填空気量 $Metg$ として選択する(図5参照)。

最終的な $Metg = Metg_{limit} - Mpurg$

【0063】これに対し、吸気圧力センサ18で検出した実吸気圧力 P_m が所定の目標吸気圧力下限値 P_{mlimit} よりも高いときには、最終目標筒内充填空気量選択手段67は、目標筒内充填空気量演算手段61で算出した目標筒内充填空気量 $Metg$ をエバポガスバージ流量 M_{purge} で補正した値を最終的な目標筒内充填空気量 $Metg$ として選択する(図5参照)。

最終的な $Metg = Metg - M_{purge}$

【0064】一方、図4に示す目標スロットル開度演算手段68は、後述する位相進み補償付きの目標スロットル開度演算モデルを用いて、目標吸気圧力 P_{mtg} と目標筒内充填空気量 $Metg$ とに基づいて目標スロットル開度 Thr_{com} を演算し、この目標スロットル開度 Thr_{com} に応じた制御信号をスロットルアクチュエータ(モータ14)に出力し、スロットルバルブ15を駆動してスロットル開度を目標スロットル開度 Thr_{com} に制御する。

【0065】本実施形態で用いる位相進み補償付きの目標スロットル開度演算モデルは、図9に示すような吸気*

$$Me = \eta \cdot (Ne / 60) / 2 \cdot Vc \cdot (Mim / Vim) \quad \dots\dots (9)$$

η : 体積効率

Ne : エンジン回転速度 [rpm]

Vc : シリンダ容積

※ Vim : スロットル下流吸気通路の容積

$$\begin{aligned} d/dt \cdot Mim &= Mth - \eta \cdot (Ne / 60) / 2 \cdot Vc \cdot (Mim / Vim) \\ &= Mth - Mim / \tau_{im} \quad \dots\dots (10) \end{aligned}$$

ここで、 τ_{im} は、吸気マニホールドモデルのモデル時定

$$\tau_{im} = 120 \cdot Vim / (\eta \cdot Ne \cdot Vc) \quad \dots\dots (11)$$

前記(10)式をラプラス変換すると、次式が得られる。

$$\begin{aligned} sMim &= Mth - \frac{1}{\tau_{im}} \cdot Mim \\ \therefore Mim &= \frac{1}{s+1/\tau_{im}} \cdot Mth \\ &= \frac{\tau_{im}}{1+\tau_{im} \cdot s} \cdot Mth \quad \dots\dots (12) \end{aligned}$$

【0071】上記(9)、(11)、(12)式から、次の(13)式で表される吸気マニホールドモデル式が導き出される。

【0072】

【数8】

$$\begin{aligned} Me &= \frac{1}{\tau_{im}} \cdot Mim = \frac{1}{\tau_{im}} \cdot \frac{\tau_{im}}{1+\tau_{im} \cdot s} \cdot Mth \\ &= \frac{1}{1+\tau_{im} \cdot s} \cdot Mth \quad \dots\dots (13) \end{aligned}$$

☆

$$\begin{aligned} Mth &= (1 + \tau_{im} \cdot s) Me \\ &= Me + \tau_{im} \cdot s \cdot Me \quad \dots\dots (14) \end{aligned}$$

上式において、 $\tau_{im} \cdot s \cdot Me$ の発散を防ぐために、一

*系モデル(スロットルモデルと吸気マニホールドモデル)から次のようにして導き出される。

【0066】吸気マニホールドモデルは、スロットルバルブ15からエンジン11の吸気口までの吸気通路(以下「スロットル下流吸気通路」という)を流れる吸入空気の挙動をモデル化したものであり、質量保存の法則と気体の状態方程式から次のようにして導き出される。スロットル下流吸気通路の吸入空気の流れに質量保存の法則を適用すると、次の(8)式で表される関係が得られる。

【0067】

$$d/dt \cdot Mim = Mth - Me \quad \dots\dots (8)$$

ここで、 $d/dt \cdot Mim$ はスロットル下流吸気通路内の空気質量の変化量であり、 Mth はスロットル通過空気量、 Me は筒内充填空気量である。尚、 $d/dt \cdot Mim$ 、 Mth 、 Me はいずれも単位時間当たり(又はサンプリング間隔)の値である。

【0068】また、スロットル下流吸気通路に気体の状態方程式を適用すると、次の(9)式に表す関係が得られる。

【0069】上記(8)、(9)式から次の(10)式が導き出される。

数であり、次の(11)式で表される。

30★【0070】

★【数7】

☆【0073】上記(13)式で表される吸気マニホールドモデルは、スロットル通過空気量 Mth から筒内充填空気量 Me を演算するモデルである。従って、この吸気マニホールドモデルの逆モデルを用いれば、筒内充填空気量 Me からスロットル通過空気量 Mth を演算することができる。

【0074】この吸気マニホールドモデルの逆モデルは、上記(13)式から次のようにして導き出される。

50 次遅れ要素の逆変換による微分要素を位相進み補償で近

似すると、次の(15)式で表される逆吸気マニホールドモデル(吸気マニホールドモデルの逆モデル)が導き出される。

【0075】

【数9】

$$Mth \approx Me + \tau_{im} \cdot \underbrace{\frac{\alpha T \cdot s}{1 + \alpha T \cdot s}}_{\text{位相進み補償}} \cdot Me \quad \text{----(15)}$$

α : 時定数($\alpha > 1$)

T : サンプリング周期

$$Mthtg \approx Metg + \tau_{im} \cdot \frac{\alpha T \cdot s}{1 + \alpha T \cdot s} \cdot Metg \quad \text{----(16)}$$

【0078】一方、スロットルモデルは、図10に示すように構成されている。このスロットルモデルは、次式で表される。

※【0079】

【数11】

$$\begin{aligned} Mth &= C \cdot A \cdot \frac{Po}{R \sqrt{To}} \cdot \Phi_o \\ &= f(Thr) \cdot \frac{Po}{\sqrt{To}} \cdot \Phi_o \quad \text{----(17)} \end{aligned}$$

C : 流量係数

A : スロットル開口有効断面積

R : 気体定数

To : 外気温度

Po : 大気圧

Φ_o : 圧力特性値

f(Thr) : スロットル通過空気量特性値

$$f(Thr) = C \cdot A \cdot \frac{1}{R}$$

【0080】ここで、スロットル通過空気量特性値 f(Thr) は、スロットル開度 Thr に応じてマップ等によって演算される。このスロットル通過空気流量特性値 f(Thr) は、スロットル開度 Thr が大きくなるほど、スロットル通過空気流量 Mth が大きくなるように設定され

ている。また、圧力特性値 Φ_o は、吸気圧力 Pm と大気圧 Po との比に応じてマップ等により演算されるが、理論的には、次式によって演算できる。

【0081】

【数12】

*【0076】従って、目標筒内充填空気量 Metg から目標スロットル通過空気量 Mthtg を演算する逆吸気マニホールドモデルは、次式で表される。

【0077】

【数10】

$$\frac{P_m}{P_o} > \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\kappa / (\kappa - 1)} \text{ の時}$$

$$\Phi_o = \frac{2\kappa}{\kappa - 1} \sqrt{\left(\frac{P_m}{P_o} \right)^{2/\kappa} - \left(\frac{P_m}{P_o} \right)^{(\kappa + 1)/\kappa}}$$

$$\frac{P_m}{P_o} \leq \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\kappa / (\kappa - 1)} \text{ の時}$$

$$\Phi_o = \frac{2\kappa}{\kappa - 1} \sqrt{\left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{2/(\kappa - 1)} - \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{(\kappa + 1)/(\kappa - 1)}}$$

κ : 比熱比

【0082】前記(17)式で表されるスロットルモデルは、スロットル開度Thrからスロットル通過空気量Mthを演算するモデルである。従って、このスロットルモデルの逆モデル(逆スロットルモデル)を用いれば、スロットル通過空気量Mthからスロットル開度Thrを演算*

$$f(\text{Thr}) = \frac{\sqrt{T_o}}{P_o} \cdot \frac{1}{\Phi_o} \cdot \text{Mth} \quad \text{---- (18)}$$

$$\therefore \text{Thr} = f^{-1} \left(\frac{\sqrt{T_o}}{P_o} \cdot \frac{1}{\Phi_o} \cdot \text{Mth} \right) \quad \text{---- (19)}$$

【0084】従って、目標スロットル通過空気量Mthtgから目標スロットル開度Thrcomを演算する逆スロットルモデルは、次式で表される。

【0085】

【数14】

$$\text{Thrcom} = f^{-1} \left(\frac{\sqrt{T_o}}{P_o} \cdot \frac{1}{\Phi_o} \cdot \text{Mthtg} \right) \quad \text{---- (20)}$$

【0086】前述した目標筒内充填空気量Metgから目標スロットル通過空気量Mthtgを演算する逆吸気マニホールドモデルの(16)式と、目標スロットル通過空気量Mthtgから目標スロットル開度Thrcomを演算する逆スロットルモデルの(20)式とを組み合わせること

で、目標筒内充填空気量Metgから目標スロットル開度Thrcomを演算する目標スロットル開度演算モデルが導き出される。この目標スロットル開度演算モデル(吸気系モデルの逆モデル)の構成は、図11にブロック図で示されている。

【0087】以上説明した目標スロットル開度演算モデルを用いて目標スロットル開度Thrcomを演算する処理は、図12及び図13に示すスロットル制御プログラムによって実行される。本プログラムは、ECU16により所定時間毎又は所定クランク角毎に実行される。本プログラムが起動されると、まずステップ101で、要求図示トルクとエンジン回転速度Neに基づいてマップ等により目標筒内充填空気量Metgを算出する。この際、

*することができる。この逆スロットルモデルは前記(17)式から次のように導き出される。

【0083】

【数13】

アイドル時には、アイドル回転安定性を向上させるために、実エンジン回転速度Neの代わりに目標アイドル回転速度Netargetを用いて目標筒内充填空気量Metgを算出するようにしても良い。

【0088】この後、ステップ102に進み、目標筒内充填空気量Metgとエンジン回転速度NeとVVT進角値とに基づいて基本目標吸気圧力Pmbaseを算出する。この際、アイドル時には、アイドル回転安定性を向上させるために、実エンジン回転速度Neの代わりに目標アイドル回転速度Netargetを用いて基本目標吸気圧力Pmbaseを算出するようにしても良い。

【0089】この後、ステップ103に進み、EGRバルブ40の開度EGRV、吸気圧力Pm、大気圧Po、外気温度To等に基づいてEGRガス流量MEGRを推定し、このEGRガス流量MEGRと目標筒内充填空気量Metgとを用いて次式によりEGR補正係数fEGRを算出する。

$$f_{EGR} = 1 + MEGR / \text{Metg}$$

【0090】そして、次のステップ104で、パーズ率と吸気圧力Pmに基づいてエバポガスパーズ流量Mpurgを推定し、このエバポガスパーズ流量Mpurgと目標筒内充填空気量Metgを用いて次式によりエバポガスパーズ補正係数fpurgを算出する。

$$f_{purg} = 1 + \text{Mpurg} / \text{Metg}$$

更に、ステップ105で、大気圧センサ46で検出した大気圧Poを用いて、前述した(6)式により大気圧補

正係数 f_{Po} を算出する。

【0091】この後、ステップ106に進み、EGR補正係数 f_{EGR} 、エバポガスバージ補正係数 f_{purg} 、大気圧補正係数 f_{Po} を、基本目標吸気圧力 P_{mbase} に乗算して目標吸気圧力 P_{mtg} を求める。

$$P_{mtg} = P_{mbase} \times f_{EGR} \times f_{purg} \times f_{Po}$$

【0092】そして、次のステップ107で、吸気圧力センサ18で検出した吸気圧力 P_m が所定の目標吸気圧力下限値 P_{mlimit} 以下であるか否かを判定する。この目標吸気圧力下限値 P_{mlimit} は、吸気圧力 P_m の極端な低下によって引き起こされる筒内のエンジンオイルの吸い上げや空気量不足（燃焼状態の悪化）を防止できるように設定されている。この目標吸気圧力下限値 P_{mlimit} は、予め実験やシミュレーション等で設定した固定値としたり、或は、目標筒内充填空気量 $Metg$ 等の運転条件に応じてマップ等により設定するようにしても良い。

【0093】もし、上記ステップステップ107で、実吸気圧力 P_m が目標吸気圧力下限値 P_{mlimit} 以下と判定されれば、ステップ108に進み、目標吸気圧力下限値 P_{mlimit} を最終的な目標吸気圧力 P_{mtg} として設定する。

$$P_{mtg} = P_{mlimit}$$

【0094】この後、ステップ109に進み、目標吸気圧力下限値 P_{mlimit} に対応する目標筒内充填空気量下限値 $Metg_{limit}$ を算出し、次のステップ110で、この目標筒内充填空気量下限値 $Metg_{limit}$ を目標筒内充填空気量 $Metg$ として設定する。

$$Metg = Metg_{limit}$$

【0095】これに対し、上記ステップ107で、実吸気圧力 P_m が所定の目標吸気圧力下限値 P_{mlimit} よりも高いと判定された場合は、前述したステップ101、106で算出した目標筒内充填空気量 $Metg$ と目標吸気圧力 P_{mtg} をそのまま用いる。

【0096】以上のようにして目標筒内充填空気量 $Metg$ と目標吸気圧力 P_{mtg} を決定した後、ステップ111に進み、エバポガスバージ流量 M_{purg} によって目標筒内充填空気量 $Metg$ を補正して最終的な目標筒内充填空気量 $Metg$ を求める。

$$Metg = Metg - M_{purg}$$

【0097】この後、ステップ112に進み、前述した逆吸気マニホールドモデルを用いて目標筒内充填空気量 $Metg$ を位相進み補償して目標スロットル通過空気量 M_{thtg} を算出する。

【0098】そして、次のステップ113で、前述した逆スロットルモデルのスロットル通過空気流量特性値 $f(Thr)$ を、目標スロットル通過空気量 M_{thtg} 、大気圧 P_o 、外気温度 T_o 、圧力特性値 Φ_o を用いて次式により算出する。

【0099】

【数15】

$$f(Thr) = \frac{\sqrt{T_o}}{P_o} \cdot \frac{1}{\Phi_o} \cdot M_{thtg}$$

【0100】この際、圧力特性値 Φ_o は、 P_{mtg} / P_o をパラメータとするマップ等により算出すれば良い。この後、ステップ114に進み、スロットル通過空気流量特性値 $f(Thr)$ に応じてマップ等から目標スロットル開度 Thr_{com} を算出する。この後、ステップ115に進み、この目標スロットル開度 Thr_{com} に応じた制御信号をモータ14に出力して、スロットル開度を目標スロットル開度 Thr_{com} に一致させるように制御する。

【0101】以上説明した本実施形態では、目標吸気圧力と目標筒内充填空気量とに基づいて目標スロットル開度を演算するため、従来のように目標筒内充填空気量のみから目標スロットル開度を演算する場合と比較して筒内充填空気量の制御精度を向上することができる。しかも、目標筒内充填空気量とエンジン回転速度とに基づいて演算した基本目標吸気圧力を、吸気圧力の変動要因となる所定のパラメータ（例えばEGRガス流量、エバポガスバージ流量、大気圧）に応じて補正して目標吸気圧力を求めるようにしたので、当該パラメータによる影響を排除した目標スロットル開度を演算することができ、当該パラメータによって吸気圧力が変動する運転条件下でも、目標筒内充填空気量を満たす精密なスロットル制御が可能となる。

【0102】更に、本実施形態では、要求図示トルク等に基づいて演算した目標筒内充填空気量を筒内充填空気量の変動要因となる所定のパラメータ（例えばエバポガスバージ流量）に応じて補正し、補正後の目標筒内充填空気量と目標吸気圧力とに基づいて目標スロットル開度を演算するようにしたので、目標筒内充填空気量についても、目標吸気圧力と同じく、変動要因の影響を排除することができる。

【0103】また、本実施形態では、吸気圧力（吸気マニホールド圧力）が所定の目標吸気圧力下限値以下になったときに、目標吸気圧力を目標吸気圧力下限値に設定し、且つ、目標筒内充填空気量を目標吸気圧力下限値に対応する目標筒内充填空気量下限値に設定するようにしたので、例えば、下り坂走行時や高速走行の減速時等のように、エンジン高回転時に要求図示トルクが小さくなるような運転条件下でも、吸気圧力の極端な低下を回避することができ、筒内のエンジンオイルが吸気マニホールド内に吸い上げられたり、筒内充填空気量が不足して燃焼状態が不安定になる等の不具合を未然に防止できる。

【0104】更に、本実施形態では、スロットル開度の変化（スロットル通過空気量の変化）が実際の筒内充填空気量の変化として現れるまでの遅れを考慮して、その遅れ分だけ目標筒内充填空気量を位相進み補償するようにしたので、吸気系の遅れ要素の影響を排除して筒内充填空気量の制御精度を向上することができる。

【0105】尚、本実施形態では、可変バルブタイミング機構、EGRシステム、エバポパージシステムを全て備えているが、これらのうちの1つ又は2つのシステムが無いエンジンにも本発明を適用して実施できる。

【0106】その他、本発明は、筒内噴射式エンジンに限定されず、電子スロットルシステムを搭載した吸気ポート噴射式エンジンにも適用して実施できる等、種々変更して実施できることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態を示す筒内噴射式エンジン制御システム全体の概略構成図

【図2】筒内噴射式エンジンのトルクディマンド制御の概要を説明する機能ブロック図

【図3】(a)は均質燃焼モード制御手段の機能を説明するブロック図、(b)は成層燃焼モード制御手段の機能を説明する機能ブロック図

【図4】均質燃焼モード制御手段の機能のうち、スロットル制御に関する機能の概要を示した機能ブロック図

【図5】スロットル制御に関する機能の具体例を示した機能ブロック図(その1)

【図6】スロットル制御に関する機能の具体例を示した機能ブロック図(その2)

【図7】基本目標吸気圧力 P_{mbase} の演算方法を説明する機能ブロック図

【図8】大気圧補正係数 f_{Po} の演算方法を説明する機能ブロック図

【図9】吸気系モデルとその逆モデルとの関係を説明する図

【図10】スロットルモデルの概要を説明する機能ブロック図

【図11】吸気系モデルの逆モデル(目標スロットル開度演算モデル)の概要を説明する機能ブロック図

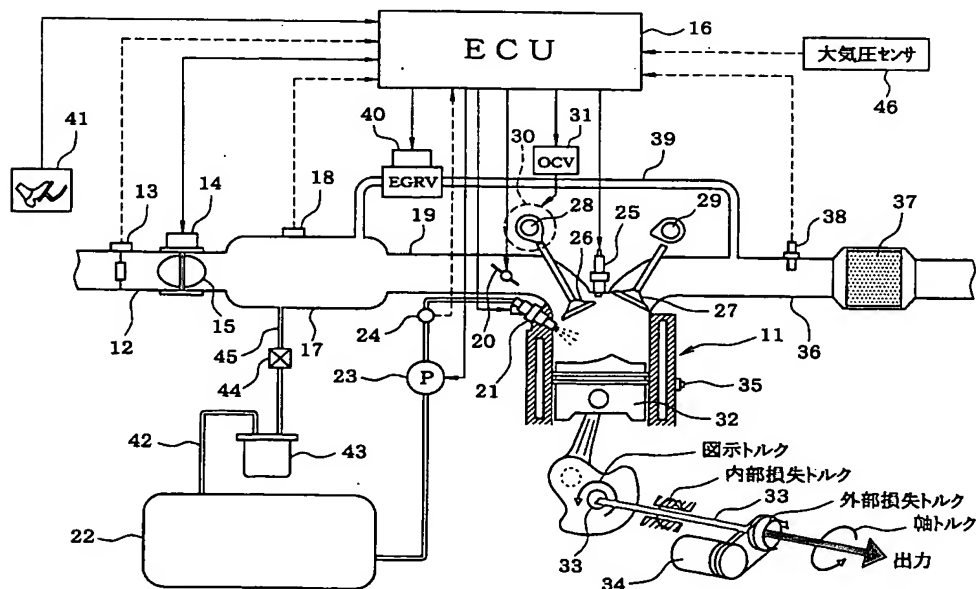
【図12】スロットル制御プログラムの処理の流れを示すフローチャート(その1)

【図13】スロットル制御プログラムの処理の流れを示すフローチャート(その2)

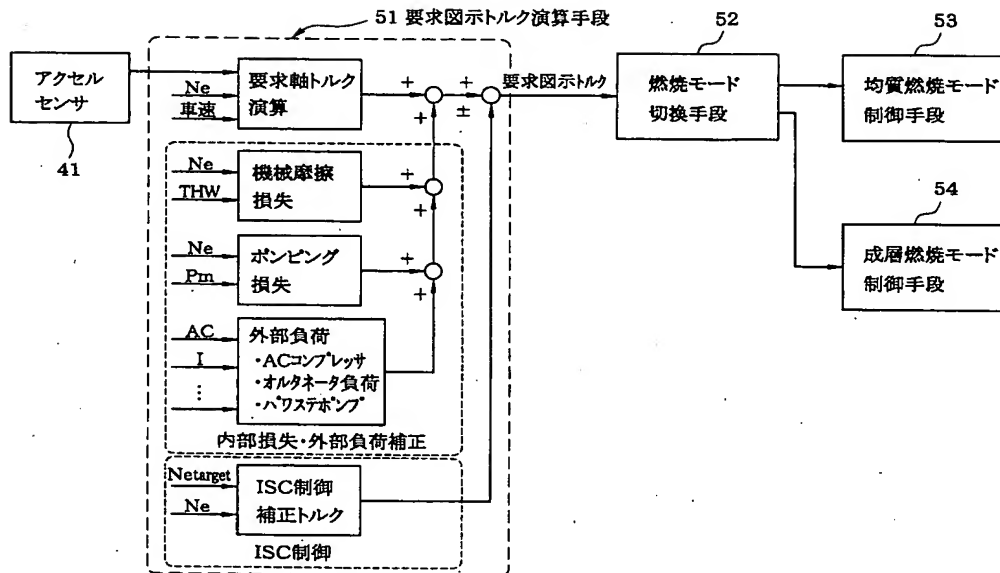
【符号の説明】

11…筒内噴射式エンジン(内燃機関)、12…吸気管、13…エアフローメータ、14…モータ(スロットルアクチュエータ)、15…スロットルバルブ、16…ECU(目標筒内充填空気量演算手段、基本目標吸気圧力演算手段、吸気圧力補正手段、目標筒内充填空気量補正手段、目標スロットル開度演算手段、下限値設定手段、位相進み補償手段)、17…サージタンク、18…吸気圧力センサ(吸気圧力検出手段)、19…吸気マニホールド、21…燃料噴射弁、22…燃料タンク、25…点火プラグ、30…可変バルブタイミング機構、33…クランク軸、34…外部負荷、36…排気管、40…EGRバルブ、41…アクセルセンサ、43…キャニスタ、44…バージ制御弁、46…大気圧センサ、51…要求図示トルク演算手段、52…燃焼モード切換手段、53…均質燃焼モード制御手段、54…成層燃焼モード制御手段、59…EGRガス流量推定手段、60…エバポガスパージ流量推定手段、61…目標筒内充填空気量演算手段、62…基本目標吸気圧力演算手段、63…補正手段(吸気圧力補正手段、目標筒内充填空気量補正手段)、64…目標吸気圧力下限値設定手段、65…目標筒内充填空気量下限値設定手段、66…最終目標吸気圧力選択手段、67…最終目標筒内充填空気量選択手段、68…目標スロットル開度演算手段。

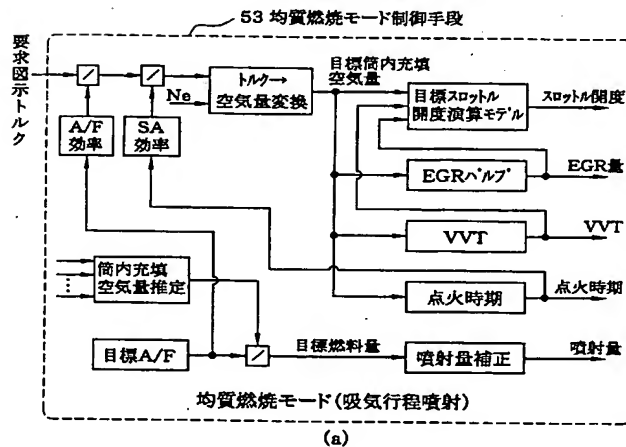
【図1】



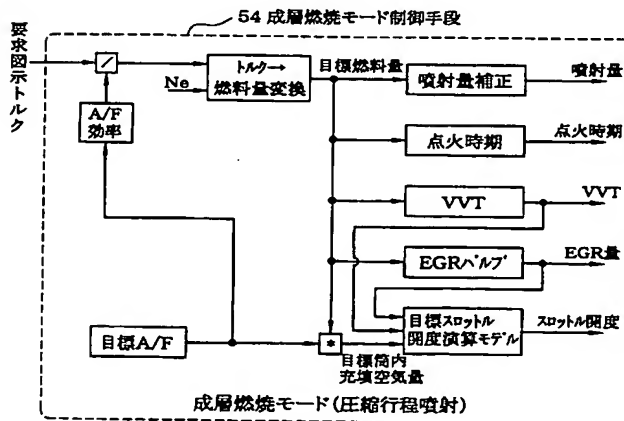
【図2】



【図3】

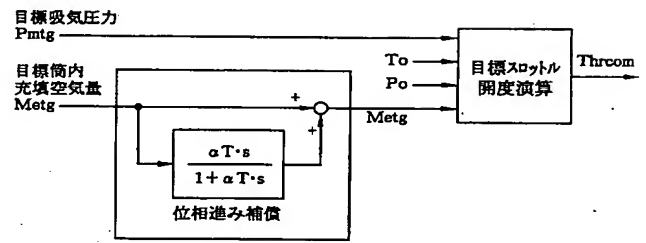


(a)

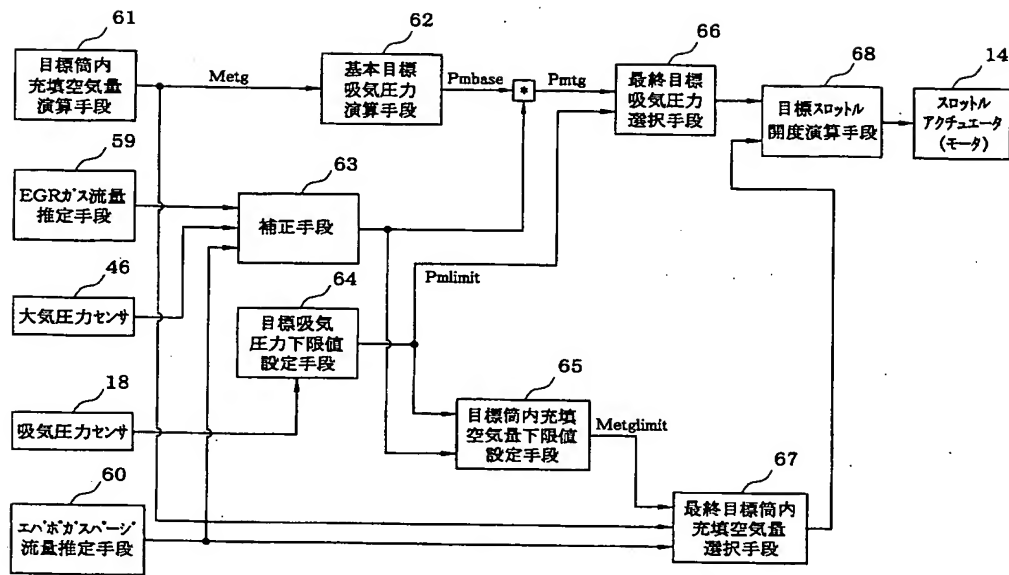


(b)

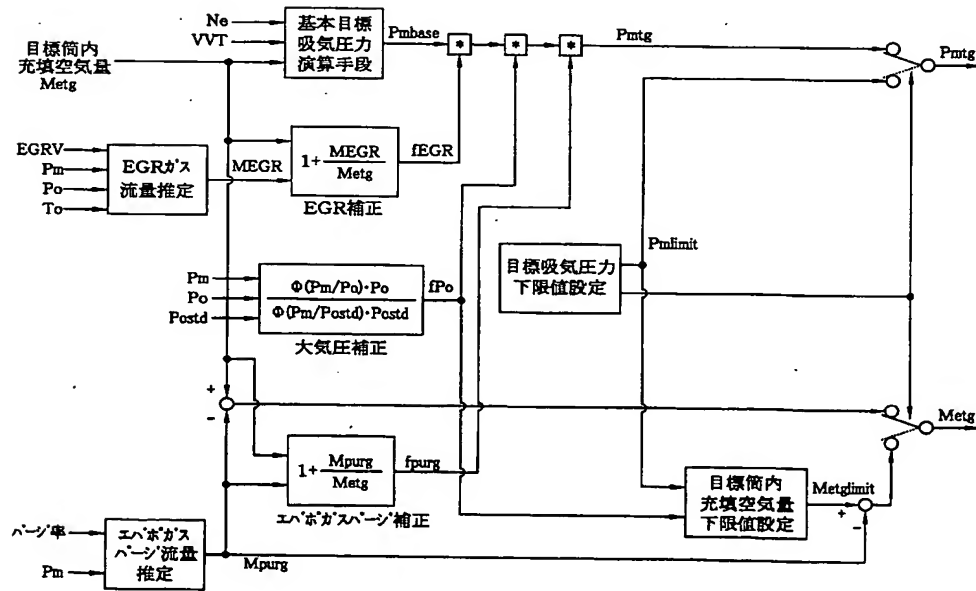
【図6】



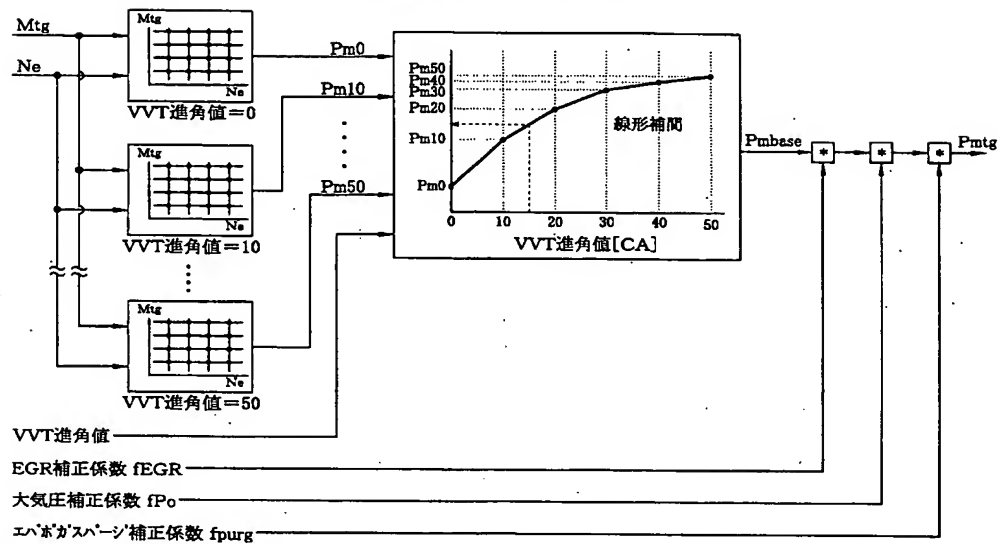
【図4】



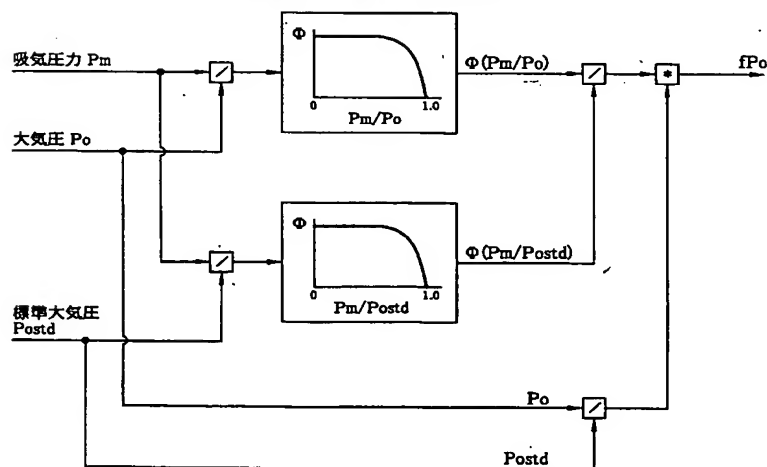
【図5】



【図7】

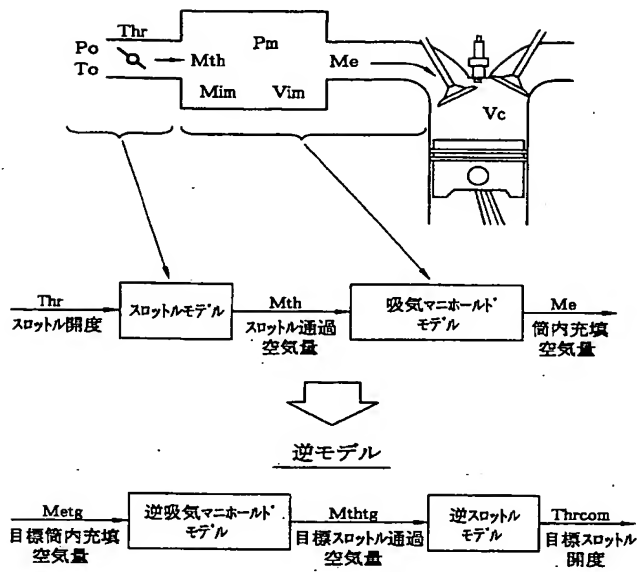
基本目標吸気圧 P_{mbase} の演算

【図8】

大気圧補正係数 f_{Po} の演算

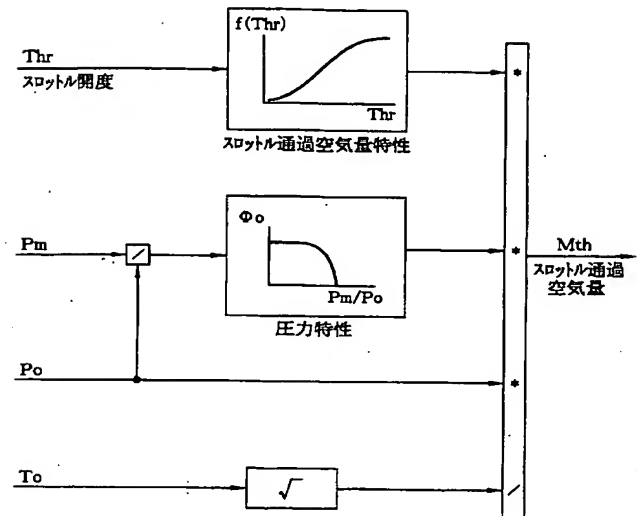
【図 9】

吸気系モデル



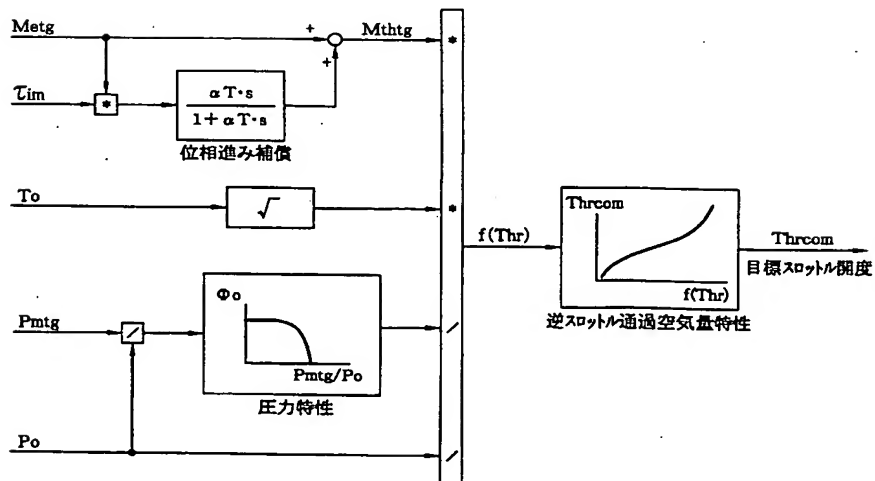
【図 10】

スロットルモデル

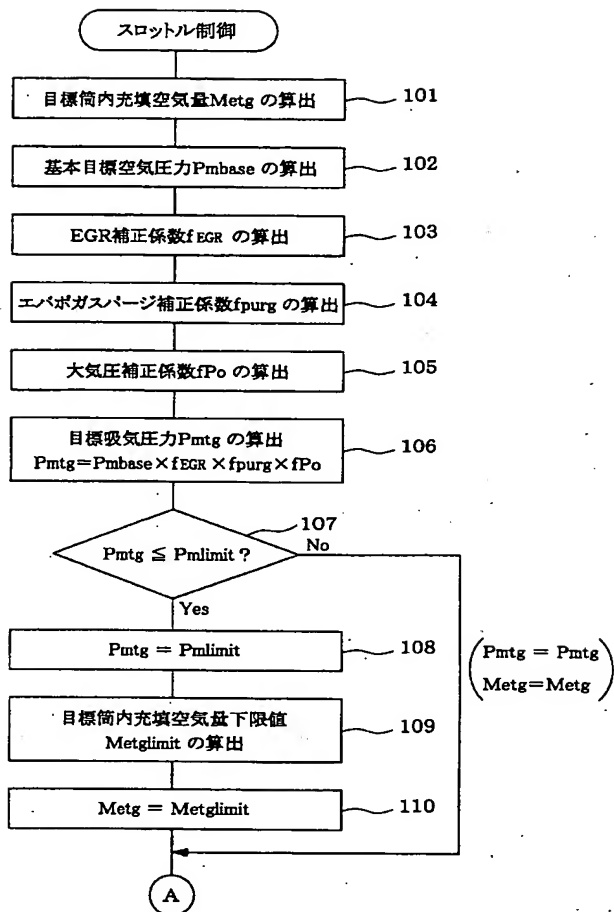


【図 11】

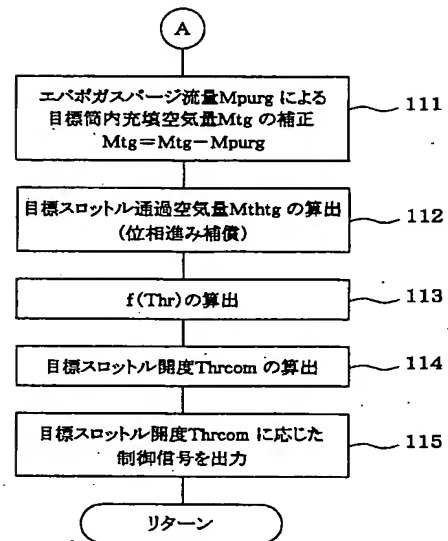
逆モデル



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
F 02 D 41/02	3 0 1	F 02 D 41/02	3 0 1 E
			3 0 1 J
41/08	3 1 0	41/08	3 1 0
43/00	3 0 1	43/00	3 0 1 K
			3 0 1 Z
45/00	3 6 4	45/00	3 6 4 A
			3 6 4 D
			3 6 4 G

F ターム(参考) 3G065 CA22 DA05 DA06 EA03 FA08
GA01 GA14 GA15 GA41
3G084 AA04 BA05 BA11 BA13 BA17
BA20 BA23 BA24 BA27 BA35
CA06 DA04 FA01 FA07 FA10
FA33 FA37
3G092 AA06 AA09 AA11 AA17 AA19
DA01 DA02 DA08 DC03 DC09
DE19 DG08 EA11 FA06 GA13
GB06 HA01Z HA05Z HA06X
HA13Z HB10Z HD07Z HE01Z
HF01Z HF03Z HF08Z HG02Z
3G301 HA04 HA13 HA14 HA16 HA19
KA07 KA16 KB07 LA03 LA07
MA11 NA06 NC04 NE17 NE19
PA01Z PA07A PA09Z PA11A
PA11Z PB09Z PD15Z PE01Z
PE10Z PF03Z PF12Z PF13Z
PF14Z